

**ANALISA RUGI-RUGI DAYA (*LOSSES POWER*) PADA JARINGAN
TEGANGAN RENDAH PT. MUSIMMAS BATAM****Muhammad Irsyam¹, Missyamsu Algusri², Linggom Pandapotan Marpaung³**^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau KepulauanE-mail : irsyam@ft.unrika.ac.id¹, missyamsu@ft.unrika.ac.id², linggommarpaung1@gmail.com³**Abstrak**

PT. MUSIMMAS BATAM merupakan salah perusahaan kelapa sawit terintegrasi terbesar di dunia yang membutuhkan suplai daya listrik dengan menggunakan tegangan tiga fasa yang arus pada masing-masing fasa kurang lebih 250 amper. PT. Musimmas Batam di suplai dari transformator 150.000 KVA melalui Panel LVMDP, dengan prioritas suplai kebutuhan listrik. Di peroleh nilai tegangan 3 fasa yaitu : R-S = 404.4 V, R-T = 404.2 V, S-T = 404.1 V dengan tegangan netral sebesar R-N = 23.2 V, S-N = 23.1, T-N = 23.3. Dan arus 3 fasa IR = 202,9 Amper, IS = 213,7 Amper, IT = 200,7 Amper. Total Perhitungan Daya Pada LVMDP berdasarkan persamaan mencari Irata-rata = 205,7 A, Berdasarkan persamaan mencari Vrata-rata = 1.212,7 V, Berdasarkan persamaan mencari P = 241,9 Kw. Rugi-rugi Daya untuk kawat 400 mm² (R = 0,047 Ω /km) adalah 46,6 watt/km = 0,046 kW/km, dan total ukuran panjang kabel penghantar dari panel LVMDP ke Beban 500 M dengan perhitungan rugi-rugi daya yaitu : P = 4833 watt/km. Sedangkan total supply daya adalah 8,0 Kw = 8000 watt, sehingga dapat diketahui = 3167 watt/km (3,16 Kw). Dimana daya aktif transformator (P) = 145,5 kW. Sehingga, persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah 0,03 %.

Kata Kunci : Panel LVMDP, Kabel, Beban**Abstract**

PT. MUSIMMAS BATAM is one of the largest integrated palm oil companies in the world that requires a three-phase voltage supply of approximately 250 amperes for each phase. PT. Musimmas Batam is supplied from a 150,000 KVA transformer through the LVMDP Panel, with priority on supplying electricity needs. The 3-phase voltage values are obtained, namely: R-S = 404.4 V, R-T = 404.2 V, S-T = 404.1 V with a neutral voltage of R-N = 23.2 V, S-N = 23.1, T-N = 23.3. And the 3-phase current IR = 202.9 Amperes, IS = 213.7 Amperes, IT = 200.7 Amperes. Total Power Calculation at LVMDP based on the equation looking for Iaverage = 205.7 A, Based on the equation looking for Vaverage = 1212.7 V, Based on the equation looking for P = 241.9 Kw. Power losses for a 400 mm² wire (R = 0.047 Ω /km) is 46.6 watts/km = 0.046 kW/km, and the total length of the conductor cable from the LVMDP Panel to the Load 500 M with the calculation of power losses, namely : P = 4833 watts/km. While the total power supply is 8.0 Kw = 8000 watts, so it can be seen = 3167 watts/km (3.16 Kw). Where is the active power of the transformer (P) = 145.5 kW. Thus, the percentage of losses due to neutral currents in the neutral conductor of the transformer is 0.03%.

Key word : LVMDP Panels, Cables, Loads

I. PENDAHULUAN

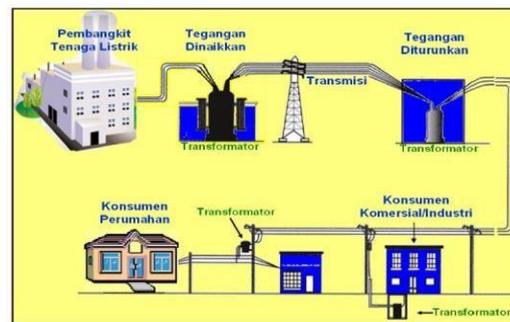
Energi listrik sangat bermanfaat dan sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia, dan seiring dengan kebutuhan listrik yang terus bertambah menyebabkan perlunya pengembangan sistem ketenagalistrikan yang ada. Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tenaga listrik disebabkan oleh arus yang mengalir melalui konduktor atau penghantar. Penyebabnya rugi-rugi daya lainnya adalah tahanan atau hambatan jenis penghantar yang mempunyai nilai tahanan atau hambatan yang cukup besar. Besarnya rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tergantung pada jenis dan panjang penghantar. Kehilangan energi listrik perlu diprediksi dan diantisipasi agar terjadi dalam batas yang normal dan wajar. PT. MUSIMMAS BATAM merupakan salah perusahaan kelapa sawit terintegrasi terbesar di dunia yang membutuhkan suplai daya listrik dengan menggunakan tegangan tiga fasa yang arus pada masing-masing fasa kurang lebih 250 ampere.

Sejak berdirinya PT. Musimmas di Batam belum pernah dilakukan reinstalasi jaringan listrik, dihitung berapa rugi-rugi daya (*losses power*) yang terjadi terutama pada kabel penghantar yang dipergunakan, untuk itu diperlukan *resistansi* kabel penghantar untuk menentukan jatuh tegangan (*voltage drop*) kabel penghantar untuk mendapatkan total rugi-rugi daya jaringan instalasi listrik tersebut dari hasil perhitungan ini dapat menentukan spesifikasi kabel yang digunakan agar dapat mensuplai beban terpasang dan meminimalisir rugi-rugi daya yang terjadi serta manfaat yang diperoleh adalah konsumsi daya listrik yang ekonomis dan *efisien*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem distribusi tenaga listrik dari pembangkit hingga ke konsumen melalui bagian generator pembangkit dengan tegangan keluaran relatif rendah yaitu 6 KV sampai 24 KV, maka tegangan ini dinaikkan menggunakan transformator daya ke tegangan yang lebih tinggi yaitu 150 KV sampai 500 KV. Tujuan peningkatan tegangan ini adalah memperbesar daya hantar saluran dan untuk memperkecil rugi-rugi daya serta susut tegangan pada saluran transmisi, proses ini termasuk tahapan kedua.

Penurunan tegangan dari tegangan tinggi sebelum ke konsumen dilakukan di gardu induk (GI), di gardu induk tegangan akan diturunkan dari 150 KV menjadi 20 KV, sebelum di distribusikan ke konsumen.



Gambar 1. Ilustrasi sistem distribusi tenaga listrik

A. Daya Listrik

Arus listrik adalah laju aliran muatan listrik melewati suatu titik atau bagian. Arus listrik dikatakan ada ketika ada aliran bersih muatan listrik melalui suatu bagian. Arus listrik mengalir dari tegangan (potensial) tinggi ke potensial rendah. Potensial disini adalah konsentrasi muatan

electron pada suatu titik, dan besarnya arus listrik atau kuat arus listrik dinyatakan dalam *Coulomb* per detik atau 1 *coulomb* (C) = $6,3 \times 10^{18}$ elektron – *electron* = 1 *Ampere*.

Kecepatan perpindahan arus listrik disebut dengan laju arus yang dapat ditulis dengan I dengan satuan *Ampere*. Arus listrik tersebut terjadi jika muatan listrik tersebut mengalir setiap detik, sehingga terdapat persamaan muatan listrik, arus listrik, dan waktu, dengan rumus sebagai berikut:

$I = Q/t$ atau $Q = I \times t$

Dimana :

I= Kuat arus listrik (A)

Q = Banyaknya muatan Listrik
 (Coulomb)

T = waktu (s)

B. Rugi-rugi Daya Jaringan Listrik

Rugi-rugi daya adalah kebocoran daya atau daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran tenaga listrik, hal ini disebabkan oleh resistansi yang ada pada bahan pembentuk konduktor. Sedangkan jatuh tegangan adalah kondisi tegangan di ujung titik terima yang lebih rendah daripada ujung kirim. Kedua kondisi ini perlu diperhatikan di setiap jalur distribusi tenaga listrik, karena indikator baik atau tidaknya kualitas daya yang diterima oleh konsumen dipengaruhi oleh besarnya tegangan jatuh dititik terima atau lebih dekat ke area konsumen.

Tahanan dalam suatu konduktor akan menghasilkan jatuh tegangan yang sebanding dengan panjang konduktor (kabel), jatuh tegangan berpengaruh pada ujung penerimaan (beban).

Apabila suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus menerus akan menimbulkan panas yang timbul akibat adanya energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut dan menyebabkan kerugian pada daya listrik tersebut. Semakin lama arus mengalir maka semakin panas juga penghantar dan semakin banyak juga energi listrik yang hilang. Hal inilah yang merugikan, karena jika energi hilang, maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan berkurang.

(Irms) (A)

C. Instalasi Listrik

Instalasi listrik memiliki

pengertian sebagai sebuah perangkat yang ipergunakan untuk mengalirkan energi listrik dari sumber listrik ke berbagai alat elektronik yang memerlukan listrik. Untuk pemasangan suatu instalasi listrik, harus terlebih dahulu dibuat gambar

Perencanaannya berdasarkan daerah bangunan, di mana instalasinya akan dipasang. Selain itu, dalam pemasangan instalasi listrik harus sesuai dengan standarisasi dan peraturan-peraturan yang berlaku. Tujuan dari standarisasi adalah untuk mencapai keseragaman mengenai ukuran, bentuk mutu barang, cara menggambar dan cara kerja. Dengan makin rumitnya konstruksi dan makin meningkatnya jumlah dan jenis barang yang dihasilkan, standarisasi menjadi suatu keharusan.

D. Beban Listrik

Beban listrik adalah segala sesuatu yang ditanggung oleh pembangkit listrik

atau bisa disebut segala sesuatu yang membutuhkan tenaga/daya listrik.

Hukum *Ohm* adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

$$V = IR$$

Dimana :

I adalah arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dalam satuan **Ampere**.

V adalah tegangan listrik yang terdapat pada kedua ujung dalam satuan **volt**.

R adalah nilai hambatan listrik (resistansi) yang terdapat pada suatu penghantar dalam satuan **ohm**.

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

S= Daya transformator (kVA)

V=Tegangan sisi primer

transformator (kV)
 $I =$ Arus jala-jala (A)

E. Rugi Pada Arus Netral

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap- tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di

netral transformator. Arus yang mengalir pada penghantar netral transformator ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi). *Losses* pada penghantar netral transformator ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R$$

Keterangan:

$P_N =$ *losses* pada penghantar netral transformator (*watt*).

$I_N =$ arus yang mengalir pada netral transformator (A).

$R_N =$ tahanan penghantar netral transformator (Ω).

F. Rugi Pada Arus ke Tanah(Ground)

Rugi – rugi daya (*losses*) yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \times R_G$$

Keterangan:

$P_G =$ *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (*watt*).

$I_G =$ arus netral yang mengalir ke tanah (A).

$R_G =$ tahanan pembumian netral transformator (Ω).

G. Data Kabel

Kawat ialah bahan penghantar tanpa pembungkus atau isolasi yang dibuat dari tembaga (Cu) ataupun aluminium (Al). Sedangkan kabel ialah bahan penghantar yang dibungkus dengan bahan isolasi, ada yang

berinti satu dan berinti lebih, ada yang keras dan ada juga yang elastis atau berserabut. Setiap penghantar digunakan berdasarkan kondisi dan kebutuhannya. Kabel penghantar yang digunakan dalam instalasi listrik ialah kabel NYA, kabel NYM dan kabel NYY. Ada tiga bagian penting yang ada pada kabel yaitu :

1. Penghantar (konduktor) media untuk menghantarkan arus listrik.

2. Isolasi bahan untuk mencegah terjadinya aliran listrik dari penghantar berlapis ke tanah atau penghantar lainnya yang berdekatan juga agar tahan terhadap tegangan tertentu antara satu penghantar dengan penghantar lainnya. Isolasi harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Ketahanan dielektrik (*dielectric strength*) tinggi.

2. Tahanan jenis (*resisivity*) yang tinggi.

3. Dapat bekerja pada temperature rendah atau tinggi.

4. Tidak menghisap air/uap.

5. Mudah dibengkokkan (fleksibel).

6. Tidak mudah terbakar.

7. Sanggup menahan tegangan impuls listrik yang tinggi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Group MusimMas adalah salah satu perusahaan kelapa sawit terintegrasi terbesar di dunia dengan operasi yang mencakup seluruh rantai nilai dan terletak di 13 negara di dunia termasuk Amerika, Eropa dan Asia. Tenaga kerja global kami terus melakukan pengembangan yang inovatif dan berkelanjutan di seluruh spektrum rantai suplai minyak sawit untuk memastikan kualitas produk, keamanan, dan efisiensi berjalan seiring dengan perkembangan industri.



Gambar 2. PT. Musimmas Batam

A. Data

Sumber data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah dari data pengukuran tegangan dan arus pada panel LVMDP di PT. Musimmas. Data tersebut disusun dan diolah agar dapat digunakan dalam melakukan penelitian ini.

Pengertian data adalah suatu deskripsi dasar dari benda, aktivitas, dan transaksi yang direkam lalu disimpan tapi belum terorganisir untuk menyampaikan tujuan tertentu.

B. Analisa Data

Secara umum teknik analisis data merupakan proses atau cara yang digunakan dengan tujuan memperoleh informasi yang bermanfaat bagi pihak lain yang membutuhkan.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan hasil pengukuran dengan persamaan rumus yang ada.

1. Nilai pengukuran beban
2. Menghitung ketidak seimbangan beban.

3. Menghitung rata-rata ketidak seimbangan beban, dengan persentase :

$$\% = \frac{|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 100\%$$

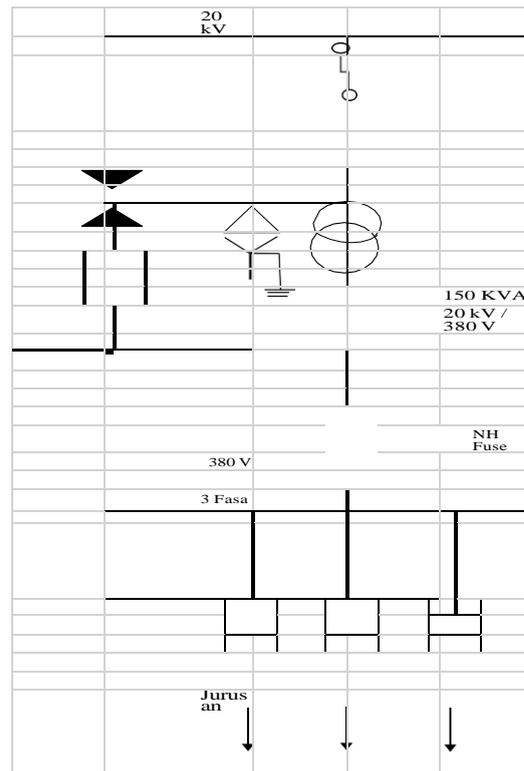
4. Ketidakseimbangan beban yang di toleransi oleh PLN.
5. Sebelum di

- lakukan penyeimbangan beban.
6. Perhitungan rugi-rugi daya sebelum diseimbangkan.
7. Perhitungan Rugi – Rugi Daya (*Losses*) Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Jaringan Tegangan Rendah (JTR) seperti yang di anjurkan pada persamaan.
8. Nilai ketidak seimbangan beban.

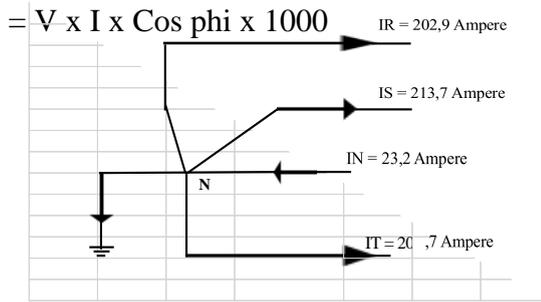
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi tentang data hasil pengujian dan analisa perhitungan .

A. Data Kelistrikan



Gambar 3. Diagram Satu Garis Transformator



Gambar 4. Aliran Arus sisi Sekunder Transformator

Keterangan :

1. Tegangan 3 fase

R - S = 404.4 V

R - T = 404.2 V

S - T = 404.1 V

2. Tegangan Netral

R - N = 23.2 V

S - N = 23.1 V

T - N = 23.3 V

3. Arus 3 fase

IR = 202,9 Amper

IS = 213,7 Amper

IT = 200,7 Amper

B. Total Perhitungan Daya Pada LVMDP

Berdasarkan persamaan mencari

$I_{rata-rata} = \frac{IR+IS+IT}{3}$

$= \frac{202,9 + 213,7 + 200,7}{3}$

$= 205,7 \text{ A}$

Berdasarkan persamaan mencari

Vrata-rata :

$= \frac{VR+VS+VT}{3}$

$= \frac{404,4 + 404,2 + 404,1}{3}$

$= 404,2 \text{ V}$

$= 1,212,7 \times 205,7 \times 0,97$
 $= 241.968,8$
 $= 241,9 \text{ Kw}$

C. Pengukuran tegangan tegangan pada transformator distribusi 150 kVA

Tabel 1. Pengukuran arus dan tegangan

No	Phasa	Vp-n (Volt)	I (Amper)
1	ρR	233,2	202,9
2	ρS	233,1	213,7
3	ρT	232,3	200,7

D. Analisa Pembebanan Transformator

Daya transformator distribusi adalah 150kVA, tegangan 20 kV/220-380 V
 Diketahui :

S = 150 kVA

V = 380 Volt fasa-fasa (sekunder)

Beban arus sekunder pada beban penuh :

$IFL = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$

$IFL = \frac{150.000}{\sqrt{3} \times 380}$

$IFL = 228 \text{ Amper}$

Berdasarkan persamaan mencari Persentase pembebanan transformator adalah :

$I_{rate} = \frac{205,7}{228} \times 89\% = 80\%$

$IFL = 228$

E. Analisa ketidakseimbangan Beban Pada Transformator.

$$IR = a.I$$

$$\text{Maka : } a = \frac{IR}{I} = \frac{202,9}{205,7} = 0,98$$

$$IR = a.I$$

$$\text{Maka : } b = \frac{IS}{I} = \frac{213,7}{205,7} = 1,03$$

$$IR = a.I$$

$$\text{Maka : } c = \frac{IT}{I} = \frac{200,7}{205,7} = 0,97$$

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 89\%$$

$$= \frac{|0,98-1| + |1,03-1| + |0,97-1|}{3} \times 89\%$$

$$= \frac{-0,02 + 0,03 + (-0,03)}{3} \times 89\%$$

$$= 7,12\%$$

F. Rugi-rugi Arus

$$P = IR \times IS \times IT$$

$$P = 202,9 \times 213,7 \times 200,7$$

$$P = 8.702.297,8 \text{ Ampere.}$$

Total ukuran panjang kabel penghantar dari Panel LVMDP ke Beban adalah 500 M, dengan penggunaan kabel NYY, dapat dicari rugi-rugi daya dengan rumus sebagai berikut :

$$P = I \times I \times R$$

$$P = 500 \times 205,7 \times 0,047$$

$$P = 4833 \text{ watt/km}$$

Sedangkan total *supply* daya adalah 8,0 Kw = 8000 *watt*, sehingga dapat diketahui bahwa total rugi-rugi daya adalah :

$$PR = I^2.R. \text{ Cos phi}$$

$$= (202,9)^2 \times 0,0235 \times 0,97$$

$$= 938,4 \text{ watt/km}$$

$$PS = I^2.R. \text{ Cos phi}$$

$$= (213,7)^2 \times 0,0235 \times 0,97$$

$$= 1.040,9 \text{ watt/km}$$

$$PT = I^2.R. \text{ Cos phi}$$

$$= (200,7)^2 \times 0,0235 \times 0,97$$

$$= 918,1 \text{ watt/km}$$

Maka rugi-rugi daya :

$$P = 938,4 + 1.040,9 + 918,1$$

$$= 2.897,4 \text{ watt/km (2,8974 kW)}$$

G. Total Beban

$P = S \cdot \text{cos phi}$ Di mana cos phi yang digunakan adalah 0,97.

$$P = 150 \times 0,97 = 145,5 \text{ kW.}$$

Sehingga, persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 89\%$$

$$= \frac{0,046}{145,5} \times 89\%$$

$$\%P_N = 0,03\%$$

$$\%P_N = 0,03\%$$

$$P_N = I^2 \cdot R \cdot \text{Cos phi}$$

$$= (20,1)^2 \times 0,0235 \times 0,97$$

$$= 9,20 \text{ watt/km (0,92 kW).}$$

Tabel 2 Rugi-rugi daya pada penghantar netral

NO.	Ketidakeimbangan Beban (%)	IN (Amper)	PN (kW)	PN (%)
1	7,12	20,1	0,92	0,03

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang dilakukan kesimpulan bahwa:

1. Rugi-rugi Daya untuk kawat 400 mm² ($R = 0,047 \Omega/\text{km}$) adalah 46,6 watt/km = 0,046 kW/km, dan total ukuran panjang kabel penghantar dari Panel LVMDP ke beban adalah 500 M.

2. Perhitungan rugi-rugi daya yaitu $P = 4833 \text{ watt/km}$. Sedangkan total supply daya adalah 8,0 Kw = 8000 watt, sehingga dapat diketahui = 3167 watt/km (3,16 Kw). Dimana daya aktif transformator ($P = 145,5 \text{ kW}$). Sehingga, persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah 0,03 %.

B. Saran

Saran yang diharapkan dapat sebagai masukan kepada PT. Musimmas Batam untuk kelanjutan yang lebih baik mengenai penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Jatuh tegangan di atas 7,12% yang terjadi, perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan secara berkesinambungan untuk menghindari timbulnya kerugian dan meningkatkan kualitas daya yang disalurkan ke beban.

2. Berdasarkan kondisi tegangan arus yang dipakai, maka perlu dilakukan pengujian berkala disetiap penyaluran tegangan dari Panel LVMDP ke beban gedung dengan pemeriksaan secara rutin, untuk mengetahui seberapa besar rugi-rugi daya terjadi di PT. Musimmas Batam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pansini, A.J. 2007. Electrical Distribution Engineering, Third Edition, The Fairmont, Inc., Indian Trail.
- [2] Dwi Cahyanto, Restu. 2008. Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap Dan Penggantian Kabel Penyulang. Jakarta: Elektro UI.
- [3] Tjahjono, "Analisa Perbaikan Losses Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Sambungan Rumah Tidak Standar Dengan," J. Media Elektro, vol. 4, pp. 6–7, 2013.
- [4] Tjahjono, "Analisis tegangan dan losses pada jaringan distribusi terhadap pemasangan pembangkitan distribusi," J. Media Elektro, vol. 7, no. 1, 2010.
- [5] Kurniawan, "Analisa jatuh tegangan dan penanganan pada jaringan distribusi 20 kv rayon palur pt. pln (persero) menggunakan etap 12.6," J. Tek. elektro, vol. 2, p. 9, 2016.
- [6] Hari Putranto dan Ratih Novalina Putri, "Analisa Perhitungan losses Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Perbaikan Pemasangan Kapasitor," J. Intake, vol. 20, pp. 23–28, 2013.
- [7] S. Sampeallo, W. F. Galla, and R. A. Oematan, "Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT. PLN Persero Rayon Kupang)," J. Media Elektro, vol. 1, no. 3, pp. 111–118, 2013.